

**PENGLASIFIKASIAN TINGKAT RISIKO KREDIT BERDASARKAN
RESAMPLING REPEATED SPLIT VALIDATION MENGGUNAKAN
METODE *FUZZY DECISION TREE* ID3**

SKRIPSI

**Sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh
Gelar Sarjana Sains Bidang Studi Matematika**

Oleh :

RAYHANNUL SUCI

08011281924048



**JURUSAN MATEMATIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
2023**

HALAMAN PENGESAHAN

**PENGLASIFIKASIAN TINGKAT RISIKO KREDIT BERDASARKAN
RESAMPLING REPEATED SPLIT VALIDATION MENGGUNAKAN
METODE *FUZZY DECISION TREE* ID3**

SKRIPSI

**Sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh
Gelar Sarjana Sains Bidang Studi Matematika**

Oleh :

RAYHANNUL SUCI

NIM.08011281924048

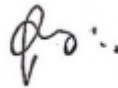
Indralaya, 01 Agustus 2023

Pembimbing Kedua



**Endang Sri Kresnawati, S.Si., M.Si
NIP. 19770208 200212 2 003**

Pembimbing Utama



**Dr. Yulia Resti, S.Si., M.Si
NIP. 19730719 199702 2 001**

Mengetahui

an. Ketua

Sekretaris Jurusan Matematika



**Dr. Dian Cahyawati S, S.Si., M.Si
NIP. 19730321 200012 2 001**

PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Mahasiswa : Rayhannul Suci
NIM : 08011281924048
Fakultas/Jurusan : MIPA/Matematika

Menyatakan bahwa skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri dan karya ilmiah ini belum pernah diajukan sebagai pemenuhan persyaratan untuk memperoleh gelar kesarjanaan sarjana satu (S1) dari Universitas Sriwijaya maupun perguruan tinggi lain.

Semua informasi yang dimuat dalam skripsi ini berasal dari penulis lain baik yang dipublikasikan atau tidak telah diberikan penghargaan dengan mengutip nama sumber penulis secara benar. Semua isi dari skripsi ini sepenuhnya menjadi tanggung jawab saya sebagai penulis.

Demikianlah surat pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Indralaya, 31 Juli 2023



Penulis

HALAMAN PERSEMBAHAN

MOTTO

“Apapun yang menjadi takdirmu, akan mencari jalannya menemukanmu.”

(Ali bin Abi Thalib)

Kupersembahkan skripsi ini untuk :

- 1. Allah Subhanahu Wa Ta’ala**
- 2. Kedua orang tuaku tersayang**
- 3. Adikku**
- 4. Semua Dosen**
- 5. Sahabat sahabatku**
- 6. Almamaterku**

KATA PENGANTAR

Assalamu 'alaikum warahmatullahi wabarakatuh

Puji syukur atas kehadiran ALLAH SWT yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul **“Pengklasifikasian Tingkat Risiko Kredit Berdasarkan *Resampling Repeated Split Validation* Menggunakan Metode Metode *Fuzzy Decision Tree ID3*”** dengan baik dan tepat waktu. Shalawat beserta salam semoga selalu tercurahkan kepada Nabi Muhammad Shallallahu'alaihi wa sallam.

Penulis ingin mengucapkan terimakasih dan mempersembahkan skripsi ini untuk kedua orangtua tersayang, Bapak **Suryadi Efendi** dan Ibu **Atni Yeti, S.Pd** atas segala kasih sayang, doa, dan dukungan yang tiada henti. Ucapan terimakasih juga penulis haturkan kepada adik tersayang yaitu **Reza Suryani** yang tidak henti-hentinya memberi semangat kepada penulis agar selalu termotivasi dalam meraih cita-cita.

Dalam penyusunan skripsi ini, tentunya penulis mendapatkan begitu banyak bantuan dari beberapa pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan ucapan terimakasih kepada :

1. Bapak **Prof. Hermansyah, S.Si., M.Si., Ph.D.**, selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya.
2. Bapak **Drs. Sugandi Yahdin, M.M.**, selaku Ketua Jurusan Matematika FMIPA Universitas Sriwijaya.
3. Ibu **Dr. Dian Cahyawati Sukanda, M.Si.**, selaku Sekretaris Jurusan Matematika FMIPA Universitas Sriwijaya.

4. Ibu **Dr. Yulia Resti, S.Si., M.Si** selaku Dosen Pembimbing Utama yang telah bersedia meluangkan waktu untuk memberikan bimbingan, arahan, saran, serta motivasi dalam menyelesaikan skripsi ini.
5. Ibu **Endang Sri Kresnawati, S.Si., M.Si** selaku Dosen Pembimbing Kedua yang telah bersedia meluangkan waktu untuk memberikan bimbingan, arahan, saran, serta motivasi dalam menyelesaikan skripsi ini.
6. Bapak **Drs. Endro Setyo Cahyono, M.Si** dan Ibu **Irmeilyana, S.Si., M.Si** selaku Dosen Pembahas yang telah bersedia memberikan saran, kritik, dan tanggapan yang sangat bermanfaat untuk perbaikan skripsi ini.
7. Ibu **Novi Rustiana Dewi, S.Si., M.Si** selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah memberikan saran, bimbingan, bantuan dan arahan selama masa perkuliahan.
8. **Seluruh Dosen di Jurusan Matematika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya** atas ilmu dan nasehat yang telah diberikan selama masa perkuliahan.
9. Bapak **Irwansyah** dan Ibu **Hamidah** yang telah membantu dalam proses administrasi.
10. Sahabat-sahabat saya **Vina, Febi, Lidiya, Andini, Febri** dan **sahabat-sahabat lainnya** yang telah memberikan dukungan, semangat dan doa selama ini.
11. Teman-teman mahasiswa satu dosen bimbingan yaitu **Afhriza, Deka, Leliani**, dan **Niluh** yang telah membantu proses penelitian ini.

12. Teman-teman seperjuangan Matematika 2019 yang telah menemani masa perkuliahan dari awal hingga akhir.
13. Seluruh pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu yang turut memberikan bantuan dalam pengerjaan skripsi ini.

Indralaya, Juli 2023

Penulis

CLASSIFICATION OF CREDIT RISK LEVELS
BASED ON RESAMPLING REPEATED SPLIT VALIDATION
USING THE ID3 FUZZY DECISION TREE METHOD

By :

RAYHANNUL SUCI

08011281924048

ABSTRACT

Giving credit is one of the activities of financial institutions that have a high risk. The high credit risk is caused by the inability of the debtor to fulfill his loan payment obligations. Classifying the risks of prospective borrowers prior to granting credit is necessary to avoid unwanted risks. The method used in this study is the ID3 fuzzy decision tree based on repeated split validation resampling. The data analyzed in this study is the UCI Repository credit card approval dataset. The study was started by discretizing the data, forming a fuzzy set of numerical variables with membership functions, dividing the data into training data and test data, constructing a decision tree using training data, calculating accuracy, precision, recall and f1-score using test data. The results obtained in this study have an average accuracy of 79.90% indicating that the model predicts correctly about 79.90% of all credit card transactions in the dataset which is a good overall performance, precision of 59.71% and recall of 28.03% indicates that the model does not work well for the identification of particularly risky transactions and an f1-score of 38.15% indicates that the model does not balance precision and recall properly.

Keywords: credit risk, fuzzy decision tree ID3, repeated split validation.

**PENGLASIFIKASIAN TINGKAT RISIKO KREDIT BERDASARKAN
RESAMPLING REPEATED SPLIT VALIDATION MENGGUNAKAN
METODE FUZZY DECISION TREE ID3**

Oleh :

RAYHANNUL SUCI

08011281924048

ABSTRAK

Pemberian kredit merupakan salah satu kegiatan lembaga keuangan yang memiliki risiko tinggi. Tingginya risiko kredit tersebut disebabkan oleh ketidakmampuan dari debitur atas kewajiban pembayaran pinjamannya. Pengklasifikasian risiko calon debitur sebelum pemberian kredit diperlukan untuk menghindari terjadinya risiko yang tidak diinginkan. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah *fuzzy decision tree* ID3 berdasarkan *resampling repeated split validation*. Data yang dianalisis pada penelitian ini adalah *dataset approval credit card* UCI Repository. Penelitian dimulai dengan melakukan diskritisasi data, pembentukan himpunan *fuzzy* variabel numerik dengan fungsi keanggotaan, membagi data menjadi data latih dan data uji, pembentukan pohon keputusan dengan menggunakan data latih, menghitung akurasi, presisi, *recall* dan *f1-score* menggunakan data uji. Hasil yang diperoleh pada penelitian ini rata-rata *accuracy* sebesar 79,90% menunjukkan bahwa model memprediksi dengan benar sekitar 79,90% dari semua transaksi kartu kredit dalam dataset yang merupakan kinerja keseluruhan yang baik, *precision* sebesar 59,71% dan *recall* sebesar 28,03% menunjukkan bahwa model tersebut tidak bekerja baik terhadap identifikasi transaksi berisiko secara khusus serta *f1-score* sebesar 38,15% menunjukkan bahwa model tidak menyeimbangkan *precision* dan *recall* dengan baik.

Kata kunci : risiko kredit, *fuzzy decision tree* ID3, *repeated split validation*

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH	iii
HALAMAN PERSEMBAHAN	iv
KATA PENGANTAR	v
ABSTRACT	viii
ABSTRAK	ix
DAFTAR ISI	x
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah.....	4
1.4 Tujuan Penelitian.....	4
1.5 Manfaat Penelitian.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Kredit.....	5
2.1.1 Unsur – Unsur Kredit	5
2.1.2 Prinsip – Prinsip Kredit.....	6
2.1.3 Kredit Bermasalah.....	7
2.2 <i>Statistical Machine Learning</i>	8
2.3 Klasifikasi.....	9
2.4 Diskritisasi.....	10
2.5 Himpunan <i>Fuzzy</i>	10
2.6 Fungsi Keanggotaan	11
2.7 <i>Repeated Split Validation</i>	15
2.8 <i>Decision Tree</i>	15
2.9 <i>Iterative Dichotomiser 3 (ID3)</i>	16
2.10 <i>Fuzzy Decision Tree</i>	16

2.11	<i>Confusion Matrix</i>	18
BAB III METODOLOGI PENELITIAN		20
3.1	Tempat.....	20
3.2	Waktu	20
3.3	Metode Penelitian.....	20
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....		22
4.1	Deskripsi Data	22
4.2	Diskritisasi Data	23
4.3	Metode <i>Fuzzy Decision Tree</i> ID3.....	27
4.3.1	Menentukan Himpunan Universal	27
4.3.2	Menentukan Nilai Keanggotaan <i>Fuzzy</i>	34
4.3.3	<i>Resampling Repeated Split Validation</i>	38
4.3.4	<i>Fuzzy Decision Tree</i> ID3.....	39
4.4	Analisis Hasil.....	54
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN		55
5.1	Kesimpulan.....	55
5.2	Saran	55
DAFTAR PUSTAKA		56
LAMPIRAN.....		60

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Confusion matrix.....	18
Tabel 4.1 Keterangan Variabel	22
Tabel 4.2 Range nilai rata-rata variabel prediktor	24
Tabel 4.3 Batasan semua kategori variabel prediktor	25
Tabel 4.4 Hasil Diskritisasi	27
Tabel 4.5 Himpunan fuzzy variabel prediktor X_1	28
Tabel 4.6 Himpunan fuzzy variabel prediktor X_5	30
Tabel 4.7 Himpunan fuzzy variabel prediktor X_{12}	31
Tabel 4.8 Himpunan fuzzy variabel prediktor	33
Tabel 4.9 Nilai Keanggotaan Maksimum variabel prediktor X_1	35
Tabel 4.10 Nilai Keanggotaan Maksimum variabel prediktor X_5	35
Tabel 4.11 Nilai Keanggotaan Maksimum variabel prediktor X_{12}	36
Tabel 4.12 Nilai Keanggotaan Maksimum Variabel Prediktor.....	37
Tabel 4.13 Nilai Keanggotan Maksimum	37
Tabel 4.14 Data Latih.....	38
Tabel 4.15 Data Uji.....	39
Tabel 4.16 Perhitungan Fuzzy Entropy dan Information Gain Node Akar	41
Tabel 4.17 Perhitungan Fuzzy Entropy dan Information Gain Node 1.1	43
Tabel 4.18 Perhitungan Fuzzy Entropy dan Information Gain Node 1.1.1	44
Tabel 4.19 Perhitungan Fuzzy Entropy dan Information Gain Node 1.1.1.1	46
Tabel 4.20 Perhitungan Fuzzy Entropy dan Information Gain Node 1.1.1.1.1	48
Tabel 4.21 Perhitungan Fuzzy Entropy dan Information Gain Node 1.1.1.1.1.1 .	50
Tabel 4.22 Prediksi Fuzzy Decision Tree ID3	52
Tabel 4.23 Confusion Matrix Fuzzy Decision Tree ID3.....	53

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Kurva-S Pertumbuhan.....	12
Gambar 2.2 Kurva-S Penyusutan.....	13
Gambar 2.3 Kurva Segitiga.....	14
Gambar 4.1 pohon keputusan root node	42
Gambar 4.2 pohon keputusan node cabang 1.1.....	43
Gambar 4.3 pohon keputusan node cabang 1.1.1.....	45
Gambar 4.4 pohon keputusan node cabang 1.1.1.1.....	47
Gambar 4.5 pohon keputusan node cabang 1.1.1.1.1.....	49
Gambar 4.6 pohon keputusan node cabang 1.1.1.1.1.1.....	51

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Perhitungan Fuzzy Entropy dan Information Gain Node Akar	60
Lampiran 2 Perhitungan Fuzzy Entropy dan Information Gain Node 1.1	63
Lampiran 3 Perhitungan Fuzzy Entropy dan Information Gain Node 1.1.1	67
Lampiran 4 Perhitungan Fuzzy Entropy dan Information Gain Node 1.1.1.1	70
Lampiran 5 Perhitungan Fuzzy Entropy dan Information Gain Node 1.1.1.1.1 ...	73
Lampiran 6 Perhitungan Fuzzy Entropy dan Information Gain Node 1.1.1.1.1.1	76
Lampiran 7 Hasil Pohon Keputusan FDT ID3	79
Lampiran 8 Hasil Prediksi	79
Lampiran 9 Persentase Ketetapan Metode FDT ID3 Resampling Repeated Split Validation	81

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pada saat ini, kegiatan kredit sangat digemari oleh banyak orang, hal ini dapat dilihat dari banyaknya perusahaan-perusahaan yang menyediakan jasa pembiayaan pada calon nasabah dalam memenuhi kebutuhannya (Rifqo & Wijaya, 2017). Kebutuhan terhadap dana bagi pengusaha kecil maupun pengusaha besar dalam mengembangkan usahanya menjadi peluang bagi lembaga keuangan bank maupun non bank untuk berkompetisi memberikan pembiayaan (Afkar, 2017). Salah satu pelayanan perbankan yaitu memberi pinjaman kredit kepada nasabah yang memenuhi syarat perbankan. Kredit atau pembiayaan yang diberikan oleh bank mengandung risiko, sehingga dengan demikian dalam pelaksanaannya bank harus memperhatikan asas-asas perkreditan yang sehat. Salah satu risiko yang dihadapi oleh bank adalah risiko tidak terbayarnya kredit yang telah diberikan kepada nasabah atau disebut dengan risiko kredit (Tengor *et al.*, 2015).

Risiko kredit disebabkan oleh nasabah yang tidak membayar utang dan memenuhi kewajibannya. Risiko kredit merupakan sesuatu yang tidak dapat dihindari. Untuk meminimalisasi risiko kredit bank dapat melakukan penilaian terhadap calon nasabah (Silalahi & Satria, 2017). Penilaian kredit menjadi salah satu metode terpenting bagi lembaga keuangan untuk menilai risiko kredit, meningkatkan arus kas, mengurangi risiko, dan menarik kesimpulan. Pemeriksaan kredit merupakan proses di mana nasabah bank diidentifikasi menggunakan

kriteria tertentu untuk pinjaman. Peringkat kredit didasarkan pada kemampuan pemohon untuk memenuhi kewajiban keuangan mereka dengan melihat karakteristik seperti jenis kelamin, usia, pekerjaan, gaji dan lain-lain (Syukron & Subekti, 2018).

Salah satu metode yang dapat digunakan dalam proses pengklasifikasian tingkat risiko kredit adalah metode *Fuzzy Decision Tree* ID3. Metode *Fuzzy Decision Tree* ID3 merupakan metode klasifikasi gabungan yang terdiri dari teori himpunan *fuzzy* dan klasifikasi *decision tree* ID3. Himpunan *fuzzy* dapat menjelaskan faktor-faktor ketidakpastian dalam proses pengelompokan. Dengan himpunan *fuzzy*, faktor-faktor ketidakpastian tersebut tetap dapat diperhitungkan, sehingga dapat mengurangi kesalahan dalam proses klasifikasi. *Decision tree* adalah metode klasifikasi berupa pohon (*tree*) yang setiap *node* merepresentasikan atribut, cabangnya merepresentasikan nilai atribut, dan daun merepresentasikan kelas (Sijabat, 2015). *Iterative Dichotomiser 3* (ID3) merupakan salah satu algoritma *decision tree* paling dasar, kelebihan dari algoritma ID3 ini adalah metode pohon keputusan dapat menghindari permasalahan yang jumlah kriterianya lebih sedikit pada setiap *node* internal (Fatmandini & Saputra, 2019).

Ada beberapa peneliti yang melakukan penelitian dengan *fuzzy decision tree* ID3 yang akan dilakukan pada penelitian ini seperti yang dilakukan Muljadi *et al.* (2019) dengan menggunakan metode gabungan *fuzzy* dan *decision tree* algoritma ID3 menghasilkan akurasi 93,75%. Kemudian penelitian yang dilakukan oleh Khamidah *et al.* (2018) menghasilkan akurasi yang tinggi yaitu

98,28%. Serta penelitian yang dilakukan oleh Ritonga (2022) mendapatkan akurasi sebesar 85,19%.

Adapun penelitian pada data sama yang dilakukan oleh Anggraini (2022) dengan penelitiannya berjudul “Prediksi Tingkat Risiko Kredit dengan *Random Over-Under Sampling* pada Metode *Ensemble* Menggunakan Algoritma *Decision Tree* ID3, *Random Forest*, dan Regresi Logistik Biner” mendapatkan rata-rata akurasi untuk metode *Decision Tree* ID3 sebesar 77,79%. Wijayanti & Sulastri (2018) dengan penelitiannya yang berjudul “Analisa Klasifikasi Kartu Kredit Menggunakan Algoritma *Naïve Bayes*” mendapatkan hasil akurasi sebesar 65,57%. Leliani (2023) dengan penelitiannya berjudul “Klasifikasi Tingkat Risiko Kredit Menggunakan Metode *Naïve Bayes* dan *Fuzzy Naïve Bayes* dengan Teknik *K-Fold Cross Validation*” mendapatkan hasil akurasi untuk metode *naïve Bayes* sebesar 79,85% dan metode *fuzzy naïve Bayes* sebesar 80,23%.

Berdasarkan hasil dari penelitian terdahulu dapat dilihat bahwa pada penelitian tingkat risiko kredit masih belum mendapatkan akurasi yang tinggi. Dengan demikian penelitian ini akan mengklasifikasikan tingkat risiko kredit dengan menggunakan metode *fuzzy decision tree* ID3, yang dapat dilihat pada penelitian terdahulunya memiliki pengklasifikasian yang baik dan mendapatkan hasil akurasi yang tinggi.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang, rumusan masalah pada penelitian ini adalah bagaimana tingkat ketepatan pengklasifikasian tingkat risiko kredit menggunakan metode *fuzzy decision tree* dengan algoritma ID3.

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Data yang digunakan merupakan *dataset approval credit card* Taiwan yang diambil dari *UCI Machine Learning Repository* yang terdiri dari 23 variabel *independent* serta satu variabel *dependent* yang berukuran 30000 data.
2. Data dibagi menjadi 80% data latih dan 20% data uji dengan menggunakan *resampling repeated split validation*.
3. Fungsi keanggotaan *fuzzy* yang digunakan adalah kurva-S penyusutan, kurva segitiga, dan kurva-S pertumbuhan.
4. Evaluasi kinerja model dinilai dari *Accuracy, Precision, Recall, Fscore*.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah memperoleh tingkat ketepatan pengklasifikasian tingkat risiko kredit dengan menggunakan metode *fuzzy decision tree* ID3.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui hasil tingkat ketepatan klasifikasi tingkat risiko kredit dengan menggunakan metode *fuzzy decision tree* ID3.
2. Sebagai bahan rujukan bagi peneliti lain terkait penerapan klasifikasi suatu objek dengan menggunakan *fuzzy decision tree* ID3.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, T., & Wahjusaputri, S. (2018). *Bank & Lembaga Keuangan*. Jakarta: Mitra Wacana Media.
- Afkar, T. (2017). Analisis pengaruh kredit macet dan kecukupan likuiditas terhadap efisiensi biaya operasional bank umum syariah di Indonesia. *Asian Journal of Innovation and Entrepreneurship*, Vol.02, No. 02, 178.
- Aggarwal, C. C. (2015). *Data Mining*. New York: IBM T.J. Watson Research Center.
- Andrianto. (2020). *Manajemen Kredit*. Pasuruan, Jawa Timur: Qiara Media.
- Anggraini, F. (2022). *Prediksi tingkat risiko kredit dengan random over-under sampling pada metode ensemble menggunakan algoritma decision tree ID3, random forest, dan regresi logistik biner*. Skripsi Jurusan Matematika FMIPA Universitas Sriwijaya. Dipublikasikan.
- Chosyali, A., & Sartono, T. (2019). Optimalisasi peningkatan kualitas kredit dalam rangka mengatasi kredit bermasalah. *Law Reform*, Vol. 15, No.1.
- Davvaz, B., Mukhlash, I., & Soleha. (2021). Himpunan fuzzy dan rough sets. *Journal of Mathematics and Its Applications*, Vol. 18, No. 1, 79-94.
- Fatmandani, N. A., & Saputra, R.A. (2020). Komparasi *criteria splitting* pada algoritma *iterative dichotomizer* (ID3) untuk klasifikasi kelayakan kredit. *Jurnal Informatika dan Komputer*, Vol. 22, No. 1, 80.
- Handarko, J. L., & Alamsyah. (2015). Implementasi *fuzzy decision tree* untuk mendiagnosa penyakit hepatitis. *UNNES Journal of Mathematics*, Vol. 4, No. 2, 160.
- Hasan, N. I. (2014). *Pengantar Perbankan*. Ciputat: Gaung Persada Press Group.
- Hastie, T., Tibshirani, R., & Friedman, J. (2008). *The elements of statistical learning*. Springer.
- Hidayanti, I., Kurniawan, T. B., & Afriyudi. (2020). Perbandingan dan analisis metode klasifikasi untuk menentukan konsentrasi jurusan. *Jurnal Ilmiah Informatika Global*, Vol.11, No.01.
- Hikmatulloh, Rahmawati, A., Wintana, D., & Ambarsari, D. A. (2019). Penerapan algoritma *iterative dichotomizer three* (ID3) dalam mendiagnosa kesehatan kehamilan. *Jurnal Ilmu Komputer*. Vol. 06, No. 02, 119.
- James, G., Witten, D., Hastie, T., & Tibshirani, R. (2009). *An introduction to statistical learning with applications in R*.

- Kuhn, M., & Johnson, K. (2013). *Applied predictive modelling with applications in R*. Springer.
- Khamidah, F. S. N., Hapsari, D., & Nugroho, H. (2018). Implementasi *fuzzy decision tree* untuk prediksi gagal ginjal kronis. *Journal of Information Technology*, Vol. 3, No. 1, 21.
- Mendari, W. E., & Widayati, R. (2019). Upaya penanganan kredit bermasalah pada bank nagari cabang utama Padang.
- Muljadi., Suhaedi, D., & Ramdani, Y. (2019). Analisis konstruksi *fuzzy decision tree* dengan menggunakan algoritma *iterative dichotomiser 3* pada aturan klasifikasi data status gizi. *Prosiding Matematika*, Vol. 5, No. 2.
- Muslim, M. A., Prasetyo, B., M, E. L., H, A. J., Mirqotussa'adah, R, S. H., *et al.* (2019). *Data mining algoritma C4.5*.
- Nasution, D. A., Khotimah, H. H., & Chamidah, N. (2019). Perbandingan normalisasi data untuk klasifikasi wine menggunakan algoritma K-NN. *Journal of Computer Engineering System and science*, Vol. 4, No.1.
- Putri, Z., Sugiyarto, & Salafudin. (2021). *Sentiment analysis using fuzzy naive bayes classifier on covid-19*. *Jurnal Matematika*, Vol.4, No.2, 193-202.
- Qomah, N. S. (2022). Klasifikasi pengelolaan kredit menggunakan metode *naive bayes*. *Jurnal Data Science & Informatika*, Vol. 2, No. 1, 35-40.
- Rahman, M. F., Darmawidjaja, M. I., & Alamsah, D. (2017). Klasifikasi untuk diagnosa diabetes menggunakan metode *bayesian regularization neural network*. *Jurnal Informatika*, Vol.11, No.1.
- Rahmawan, H., & SN, A. (2020). Penentuan rekomendasi pelatihan pengembangan diri bagi pegawai negeri sipil menggunakan algoritma C4.5 dengan *principal component analysis* dan diskritisasi. *Jurnal Tekno Kompak*, Vol. 14, No. 1, 5-10 .
- Rifqo, M. H., & Wijaya, A. (2017). Implementasi algoritma *naïve bayes* dalam penentuan pemberian kredit. *Jurnal Pseudocode*, Vol. IV, No. 2, 120.
- Rindengan, A. J., & Langi, Y. A. (2019). *Sistem Fuzzy*. Bandung: CV. Patra Media Grafindo.
- Ritonga, N. A. (2022). *Penerapan fungsi keanggotaan non-linier pada metode fuzzy decision tree iterative dichotomiser 3 (ID3) untuk klasifikasi penyakit jantung*. Skripsi Jurusan Matematika FMIPA Universitas Sriwijaya. Dipublikasikan.
- Setiawan, A., Yanto, B., & Yasdomi, K. (2018). *Logika Fuzzy Dengan Matlab*. Bali: Jayapangus Press.

- Sijabat, A. (2015). Penerapan data mining untuk pengolahan data siswa dengan menggunakan metode *decision tree* (Studi Kasus : Yayasan Perguruan Kristen Andreas). *Majalah Ilmiah Informasi dan Teknologi Ilmiah*, Vol. 5, No.3, 9.
- Silalahi, D. K., Murfi. H., & Satria. Y. (2017). Studi perbandingan pemilihan fitur untuk *support vector machine* pada klasifikasi penilaian risiko kredit. *Jurnal EduMatSains*, Vol. 1, No. 2, 119-120.
- Sikumbang, E. D. (2018). Penerapan data mining penjualan sepatu menggunakan metode algoritma apriori. *Jurnal Teknik Komputer*, Vol. 4, No.1.
- Sokolova, M., & Lapalme, G. (2009). *A systematic analysis of performance measures for classification tasks*. Elsevier, 427-437.
- Sugiyarto, I., & Gata, W. (2019). Perbandingan kinerja algoritma data mining prediksi persetujuan kartu kredit. *Faktor Exacta*12, 180-192.
- Suherman, & Muzaky, I. (2019). Analisis penjualan barang laris dan kurang laris terhadap percetakan awfa digital printing menggunakan metode *decision tree* dengan optimasi algoritma genetika. *Jurnal Teknologi Pelita Bangsa*, Vol. 10, No.1, 122.
- Sumartik, & Hariasih, M. (2018). *Buku Ajar Manajemen Perbankan*. Sidoarjo: UMSIDA Press.
- Syukron, A., & Subekti, A. (2018). Penerapan metode *random over under sampling* dan *random forest* untuk klasifikasi penilaian kredit . *Jurnal Informatika*, Vol.5, No.2, 175-185.
- Tengor, R. C. T., Murni, S., & Moniharapon, S. (2015). Penerapan manajemen risiko untuk meminimalisir risiko kredit macet pada PT. Bank Sulutgo. *Jurnal EMBA*, Vol. 3, No. 4, 346.
- Utari, H., & Widayati, R. (2019). Penyelesaian kredit bermasalah pada PT. Bank Perkreditan Rakyat (BPR) Nagari Kasang.
- Wibawa, A. P., Purnama, M. G., Akbar, M. F., & Dwiyanto, F. A. (2018). Metode-metode klasifikasi. *Prosiding Seminar Ilmu Komputer dan Teknologi Informasi*, Vol.3, No.1.
- Widjaya, A., Hiryanto, L., & Handhayani, T. (2017). Prediksi masa studi mahasiswa dengan voting feature interval 5 pada aplikasi konsultasi akademik online. *Journal of Computer Science and Information Systems*, Vol. 1.

- Widyaningsih, Y., Arum, G. P., & Prawira, K. (2021). Aplikasi *k-fold cross validation* dalam penentuan model regresi binomial negatif terbaik. *Jurnal Ilmu Matematika dan Terapan*, Vol. 15, No.2, 315-322.
- Zai, C. (2022). Implementasi data mining sebagai pengolahan data. *Portaldata.org*, Volume 2 (3).
- Zhang, Y., & Yang, Y. (2015). Cross-validation for selecting a model selection procedure. *Journal of Econometrics*.